Current Issue Review 87-5E

THE INTERNATIONAL SPACE STATION: CANADA'S INVOLVEMENT

Lynne C. Myers
Science and Technology Division

Revised 29 March 2001

Library of Parliament
Bibliothèque du Parlement

Parliamentary Research Branch

The Parliamentary Research Branch of the Library of Parliament works exclusively for Parliament, conducting research and providing information for Committees and Members of the Senate and the House of Commons. This service is extended without partisan bias in such forms as Reports, Background Papers and Issue Reviews. Research Officers in the Branch are also available for personal consultation in their respective fields of expertise.

N.B. Any substantive changes in this publication which have been made since the preceding issue are indicated in **bold print**.

CE DOCUMENT EST AUSSI PUBLIÉ EN FRANÇAIS

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

TABLE OF CONTENTS

Page

ISSUE DEFINITION 1

BACKGROUND AND ANALYSIS 2

A. The Space Station 2

B. Canada's Space Station Program 5

1. Program Objectives: Why Should Canada Participate? 5

2. The Mobile Servicing System (MSS) 8

3. The Strategic Technologies in Automation and Robotics (STEAR) Program 11

C. Other International Contributions 12

1. Kibo – The Japanese Experimental Module (JEM) 12

2. Columbus – The European Space Agency's Pressurized Module (ESA Module) 12

3. Russia's Contribution 13

4. Progress of ISS Assembly 14

CHRONOLOGY 15

SELECTED REFERENCES 17

101-06525/

CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

THE INTERNATIONAL SPACE STATION: CANADA'S INVOLVEMENT*

ISSUE DEFINITION

For many years, the United States has been actively, and generally successfully, involved in the exploration of space. It has sent unmanned and manned space craft into orbit and brought them back. It has landed men on the moon and seen them return safely to Earth. The space shuttle has demonstrated the feasibility (and the dangers) of the reusable space craft. The U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA) views the construction and operation of a permanently manned space station as the critical next step in advancing human space exploration. The mission of the space station will be three-fold.

- First, it will provide an orbiting research base in which the effects of long stays in space on human physiology and well-being can be assessed. This information is essential if the space environment is to continue to be explored and exploited successfully.
- The second function will be as an advanced research laboratory in which the process of understanding how to utilize the unique features of space – near-zero gravity, near-perfect vacuum and lack of atmospheric interference – to study new materials, new medicines and new technologies can begin.
- Finally, the space station will be an engineering test-bed providing the opportunity to learn how to build, operate, and maintain complex systems in space.

In 1984, then-President Reagan committed the United States to building a permanently manned space station, and invited Canada, Japan and the European Space Agency (ESA) to join in this ambitious program. In March 1986, Canada announced its acceptance of the invitation. In the same year, 11 countries of the ESA and Japan also agreed to participate in the program. In January 1998, Canada and the other original participants signed a revised

---

* The original version of this Current Issue Review was published in February 1987; the paper has been updated regularly since that time.

Intergovernmental Agreement establishing a new ISS (International Space Station) partnership, that had been expanded to include Russia and Brazil. The new agreements reflected changes to the space station program resulting from significant Russian participation and design changes that had been introduced over the years.

The Canadian government agreed to develop, build, and operate one of the station's mission-critical elements – the Mobile Servicing System (MSS) – for assembly, maintenance and servicing tasks on the space station. The MSS was to consist of a Mobile Base System, two manipulators (the RMS or Remote Manipulator System, and the SPDM or Special Purpose Dextrous Manipulator) and the Canadian Space Vision System (CSVS). The following reasons were cited for Canada becoming involved: the opportunity to build on our already well-established space industry; the potential for spin-offs from the advances in robotics and artificial intelligence engendered by this effort; and future access to the space station for scientific research and manufacturing. The estimated cost of Canadian participation was originally set at $800 million but grew over the years to as high as $1.9 billion by the year 2005. However, federal deficit reduction efforts necessitated a decrease in Canada's commitment. Following renegotiations after the 1994 budget, Canada reduced its financial commitment to $496 million in addition to the $713 million already contributed. This brings the total down to about $1.2 billion. As detailed elsewhere in this review, although reducing our financial input, Canada has retained those portions of the program with the greatest potential for economic and scientific benefit to Canadians.

BACKGROUND AND ANALYSIS

A. The Space Station

The U.S. space station will not be the world's first; in 1973-1974, Skylab – which could house astronauts for up to three months at a time – was already in orbit above the Earth. Between that time and the 1984 decision to build the space station, the U.S. concentrated on developing the Space Shuttle (or STS – space transportation system). In the meantime, the Soviet Salyut program has provided permanent, manned space station facilities since 1971. Operating the MIR space station for many years had provided the Soviets with much valuable experience. After the breakup of the Soviet Union, the future of MIR was questioned, but it was able to keep

operating. Beginning in May 1995, NASA docked its space shuttles Atlantis and Discovery with the MIR Station ten times as part of the phase-in of Russian participation in the ISS program.

As it was originally conceived, the U.S. space station program was ambitious and innovative. The station was expected to perform a wide range of functions, serving as:

- a laboratory in space, for scientific research and the development of new technologies;
- a permanent observatory, with elements in low inclination and polar orbits, from which to observe Earth and the universe;
- a transportation centre for stationing payloads and vehicles, processed and deployed to their destinations;
- a servicing facility for maintaining, repairing, and refurbishing payloads and vehicles;
- an assembly facility for assembling and checking out large space structures and systems;
- a facility to enable manufacturing in space, where the unique environment enhances commercial opportunities;
- a storage depot to keep payloads and parts on orbit for subsequent use; and
- a staging base for possible future space projects, such as a permanent lunar base, a manned mission to Mars, a manned survey of the asteroids, a manned scientific and communications facility in geosynchronous orbit, or unmanned planetary probes.

In 1990, budget restrictions – along with some misgivings about the engineering of the proposed station – led Congress to order NASA to review its design and adjust the program. As a result, a smaller version of the space station became the official proposal. This 1990 redesign did not affect the MSS design, and Canada proceeded according to the original criteria set out by NASA.

Over the years since its first approval, the U.S. Congress has not provided this project with as much funding as NASA had requested and expected. For example, NASA asked for a total of $767 million in 1988, but Congress appropriated only $393 million. Subsequent years have seen a similar pattern, with one Congressional Committee in 1992 even voting to stop all funding for the space station; this funding was restored by the House of Representatives but at a level of $1.9 billion, rather than the $2.45 billion NASA had requested. Again in 1993 there were rumours that funding for the space station would be slashed or eliminated. Early in 1993, however,

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

the White House announced that it would be requesting $2.305 billion for the space station, for fiscal year 1994. President Clinton reaffirmed his support for the program, but at the same time ordered yet another redesign to cut costs further. Before this new design could be presented to the President for his approval, negotiations began with Russia, which wanted to contribute its expertise and hardware to the international space station. Proponents of the ISS hope that Congress will be less keen to cut the project now that it has reached the construction phase. NASA's international partners also hope that further redesigns will not be required.

As the design has changed, so too have the official NASA program objectives for the space station, which are now more immediate, and perhaps less grandiose. The official objectives were stated as follows:

- to establish a permanently manned multi-purpose facility in low Earth orbit (LEO) in the 1990s;
- to enhance and evolve mankind's ability to live and work safely in space;
- to stimulate technologies of national importance by using them to provide space station capabilities;
- to provide long-term, cost-effective operation and utilization of continually improving facilities for scientific, technological, commercial and operational activities enabled or enhanced by the presence of mankind in space;
- to promote substantial international cooperation in space;
- to create and expand opportunities for private-sector activity in space;
- to provide for the evolution of the space station to meet future needs and challenges; and
- to foster public knowledge and understanding of the role of habitable space system capabilities in the evolution of human experience outside the Earth's atmosphere.

In its original design, the space station resembled a large rectangle of metal trusses. The trusses would have been taken into space by the Shuttle and assembled on-site by the Canadian-made Mobile Servicing System (MSS). In the most recent redesign of the station, the truss will be pre-integrated and tested, with all of its subsystems in place before launch. A number of "modules" will be launched and docked first, and the integrated truss structures will then be added. The Canadarm (or Remote Manipulator System), already in use onboard the Space Shuttle, will be used

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

in the early construction of the station, and the MSS will be used for later construction and maintenance.

The redesigned space station will be smaller than the original (108 m rather than 150 m) and will house four to six, rather than eight, astronauts. In addition, it will be capable of transmitting only about one-sixth as much information per minute back to Earth. Clearly, the range and number of experiments that can be carried out with this new configuration will be inferior to what was originally planned. However, from the Canadian point of view, these changes are not critical, because both the old and new design require the MSS.

Launch and construction plans and schedules are in a continual state of flux. NASA did launch the first two elements of the space station in November and December 1998, but the launch of the third element was repeatedly delayed, finally taking place in July 2000. The current schedule calls for completion of construction late in 2004. After just the first six assembly flights, the station will have reached what is called MTC or man-tended capability. The first three-person resident crew is expected to arrive in October 2000. Once MTC is achieved, there will continue to be numerous shuttle flights each year for station assembly and maintenance, as well as three utilization flights each year. During the latter, the Shuttle with its seven-person crew will dock with the station for about two weeks at a time; four of the crew will devote their time to carrying out experiments for space station users. The station is now expected to achieve PMC, or permanently manned capability, by the year 2004. After this time, the space station will be permanently manned by a four- to six-member crew, two of whom will be dedicated to supporting space station user activities (i.e., carrying out experiments for users). The countries participating in the operation of the station will share operating costs. They will have access to time and space in the laboratories in proportion to their contribution.

B. Canada's Space Station Program

1. Program Objectives: Why Should Canada Participate?

The answer to this question is not simple. The many reasons put forward to justify Canadian participation in this ambitious space program include: achieving international prestige as a technologically advanced industrial economy; securing an entrée into important new high-tech fields; generating technological spin-offs on Earth; buying long-term access to the space

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

environment for Canadian researchers; and developing a highly qualified work force in the fields of robotics and automation. In the short term, the technical and economic spin-offs on Earth are arguably the most significant goals, together with the creation of a pool of knowledgeable scientists and industrialists in several emerging technological fields. Officials of the Canadian Space Agency (CSA) point out that more than $1 billion in business activity directly related to the space station has already flowed to Canadian companies, and that this figure is expected to surpass $5 billion over the next 20 to 25 years. Many of the technologies developed for the space station, especially in the fields of robotics and automation, will have terrestrial applications, including work in "hostile" environments such as the nuclear industry, mining and offshore resource development.

In 1991, the Space Station Program Office of the Canadian Space Agency detailed the program objectives as follows:

(i) To enhance Canada's ability to operate in space and to exploit space by:

- developing and operating the MSS to play a predominant role in assembling and maintaining the Space Station;
- developing and applying strategic technologies for the MSS, particularly in the fields of automation and robotics;
- facilitating participation in Space Station use by Canadian industry, government, and university sectors;
- assuming Canada's share of Space Station common operations;
- developing user demonstration experiments emphasizing technologies with commercial potential; and
- participating in the international management of the Space Station.

(ii) To maximize social and economic benefits to Canadians by:

- improving regional distribution of space-related government expenditures; and
- fostering commercialization of Space Station technologies.

At that time, the Canadian program had four major components, namely:

(i) Development and operations of the Mobile Servicing System. This was to be Canada's main contribution to the Space Station, to include a platform, a Remote Manipulator System, and a Special Purpose Dextrous Manipulator; MSS operations included sophisticated ground-based facilities for simulating operations planning;

(ii) Operation of the Space Station. This task was to consist of Canada's contribution to the operations and maintenance of the Space Station, once launched, with the help of Canadian Astronauts;

(iii) The Strategic Technologies in Automation and Robotics (STEAR) program, which consisted of contracts to industry to develop next-generation technologies for the continued upgrading and evolution of the MSS; and

(iv) The User Development Program (UDP) to foster, through contracts with firms and universities, the Canadian use and commercial exploitation of the Space Station, in particular microgravity, through development of new materials, products and processes in space.

This program has changed somewhat, particularly with respect to Items i and ii, as a result of the renegotiation of Canadian participation following the 1994 budget. In Item i, Canada was planning to design and build both the MSS and the SPDM (Special Purpose Dextrous Manipulator) also known as the Canada Hand. Under the 1994 agreement, Canada was still to complete design and construction of the MSS, as well as to retain responsibility for its operation once it was on the station. Canada would, however, complete only the design of the SPDM; we were given an additional three years to make a final decision on whether we would also be involved in its construction. The CSA believed that the new program retained the most important elements of the old because it would allow Canadian scientists and companies to continue developing their design expertise in the important automation and robotics fields. In April 1997, the Prime Minister reversed the earlier decision and announced that Canada would indeed invest US$150 million in building the SPDM.

The revolutionary CSVS (Canadian Space Vision System) – which is being developed in a cooperative program by the Canadian Space Agency and NASA – is now also a part of Canada's involvement in the International Space Station. It is designed to provide the station's robotic arms with "synthetic visual cues," so they can "see" what they are doing. The CSVS began

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

on-orbit testing during a 1992 space shuttle flight. In November 1995, an advanced version was flown on a mission, during which it was used in a docking operation in the cargo bay of the Space Shuttle. In December 1998, the CSVS was used in docking the first two space station components: Zarya and Unity. Its operational performance met all expectations.

The second major change to Canada's participation in the space station is that our commitment to participate in the ongoing operation of the space station (Item ii) has been dropped completely, for a savings over ten years of approximately $270 million. Although Canada has deferred using its share of space station resources, we still have the option of allowing Canadian scientists access to the station on a case-by-case, pay-as-you-go basis. The construction of the SPDM is now being used to re-open the possibility that Canadian scientists might have access to research space on the station. In fact, Canadian astronauts have been assured of one flight per year until construction of the station is complete. After that time, foreign astronauts will undertake the experiments sent to the station by Canadian researchers. By not using our share of the station resources (2.3%) on a regular basis, Canada is saving another $75 million. This change in participation also reduced the necessity for Item iv, the User Development Program.

It might appear that giving up regular use of the space station negates Canada's reason for becoming involved in the first place. Officials at the Canadian Space Agency, however, insist that the most economic and technological gains for Canada will be realized by the research and development and industrial activity resulting from the design and/or construction of the MSS, the SPDM and the CSVS. The fact that $1 billion in benefits have already been realized from the $713-million government investment would seem to lend credence to this claim. In addition, Canadian space scientists will still have access to the station, albeit on slightly different terms from those previously envisioned. The following sections look briefly at the individual elements of the Space Station Program.

2. The Mobile Servicing System (MSS)

In the past, Canada contributed to the U.S. space program with the very successful Canadarm, which now flies on almost every space shuttle flight. When asked to join in the space station program, it was logical for Canada to build on this expertise. Canada insisted that our participation should entail more than the provision of a piece of hardware because we wanted to ensure that our involvement would continue after the station became operational. After the U.S. had

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

agreed to this demand, Canada agreed to design, build, and operate the MSS. It is worth noting that, until Russia became involved in the program, Canada was the only foreign country supplying what is known as a mission-critical element of the station, i.e., one that must operate on time and in the prescribed fashion in order for the mission to continue.

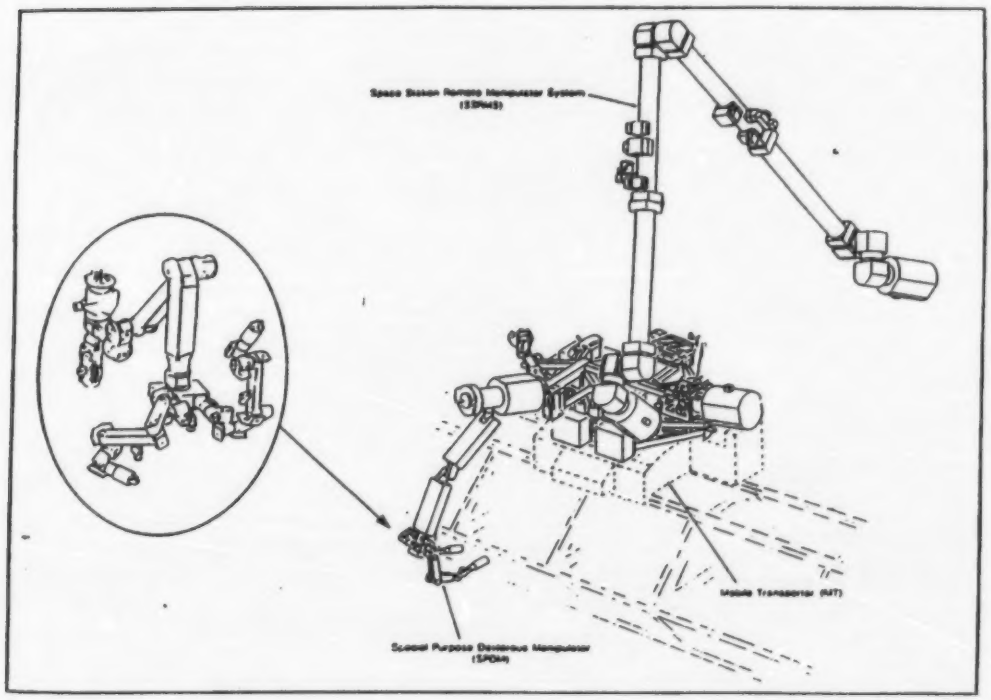
Figure 1 presents an artist's impression of the design of the MSS. This system will play the main role in the assembly and maintenance of the space station by: moving equipment and supplies around the station; supporting astronauts during EVAs (extra vehicular activities); and servicing instruments and other payloads attached to the station. In addition, the MSS will be used for docking the visiting space shuttles and for loading and unloading the shuttle cargo bay. Canada is responsible for the total design, development and long-term operation of the MSS.

As can be seen in Figure 1, the MSS consists of two main elements. The first is the RMS (or, in more recent U.S. terminology, the SSRMS or Space Station Remote Manipulator System), which represents the next generation of the Canadarm now flying on the four space shuttles. The new arm has seven, rather than six, motor-driven, computer-controlled joints. The extra joint means the arm can now mimic most human arm movements. The arm is 17.6 m (58 feet) long and has a payload capacity of 116,000 kg (128 tons). The SSRMS has been built, has successfully passed the ISS safety review and the Acceptance Review process, and was delivered to NASA in February 1999. Once installed on the ISS, it will move along the truss structure of the station on a mobile transporter, or base system, also being supplied by Canada.

The SSRMS is also designed to accommodate a second, smaller element, known as the SPDM or special purpose dextrous manipulator. This robot (known affectionately to its developers as "Hector the Erector") will have two seven-jointed arms, each about 2 m (6.65 ft) long; its remarkable mechanical dexterity will enable it to undertake more delicate jobs such as working on electrical circuits, fuel lines and cooling systems. Advances in robotics, vision systems and artificial intelligence have provided the SPDM with very human-like senses. For example, the SPDM will have three separate cameras which allow it to "see" its way around the station. It can recognize targets and adjust its own position in response. Sophisticated software programs also prevent the two arms from colliding with one another, and automatically keep the elbow from hitting anything, or anyone, when the arms are reaching to grasp a target. In addition to seeing, with the help of the space vision system, this robot can also "feel." It is equipped with force-sensing systems which tell it just how hard it is touching, pushing, pulling or twisting

something. Given this ability, the SPDM can be used to repair and/or replace delicate electronic parts or tighten bolts without risk of stripping them. These abilities will relieve astronauts of the necessity to go out into space to undertake routine repairs.

Figure 1
Space Station Mobile Servicing System
and Special Purpose Dextrous Manipulator



Source: Technical and Administrative Services, NASA, *Space Station Freedom Media Handbook*, p. 78.

The SSRMS and SPDM are designed for a lifetime greater than ten years, and must withstand the stresses of prolonged exposure in space with maximum reliability. Canada's success in meeting the stringent demands for the Canadarm led NASA to entrust us with the SSRMS and SPDM development. The industrial team responsible for most of the SSRMS and SPDM

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

components reflects the goal of spreading the government space-related expenditures throughout the country. The team is headed by Spar Aerospace (based in Montreal and Toronto). Other companies involved include IMP Group (Halifax), CAE Electronics (Montreal), CAL Corporation (Ottawa), SED Systems (Saskatoon) and MacDonald Dettwiler Associates (Richmond, B.C.). The SPDM is expected to be delivered to NASA in 2001, and will be installed aboard the International Space Station during a future mission.

Canada's Space Station Program also includes highly sophisticated ground facilities. The ground-based segment is known as the MSS Operations Complex (MOC) and is located at Canadian Space Agency (CSA) headquarters in Saint-Hubert, Quebec. It provides the infrastructure, resources, equipment and expertise for MSS space operations. The MOC is a state-of-the-art centre that houses a number of operation and training facilities, including the Space Station Operations Support Centre, MSS Simulation Facility, Operations Kinematic Simulator and the Canadian SSRMS (Space Station Remote Manipulator System) Training Facility. As the CSA noted in a recent publication, "Controllers use the MOC to plan complex SSRMS manoeuvres before they are put into action on Space Station. They will also monitor the health of the MSS and its complex hardware and software systems. Space Station astronauts and cosmonauts from many countries will visit the MOC to learn about the MSS and how to operate it in the rigours of space."

3. The Strategic Technologies in Automation and Robotics (STEAR) Program

The STEAR program is designed to allow for the continued development and integration of new technologies into the MSS during its expected 30-year mission. The goal is to ensure that the MSS does not become obsolete. Because all these new technologies will have to meet space qualifications, their development will be lengthy and many of the first applications are likely to be terrestrial spin-offs.

The advanced, strategic technologies being supported by STEAR via contracts to industry include automation of operations and expert systems, health monitoring and automated power management, autonomous robotics, enhanced space vision systems, trajectory planning and object avoidance (keeping the SPDM from colliding with other things), and the protection of materials in the space environment. To date, STEAR funding has been awarded to more than 120 partnerships across the country. These partnerships involve over 80 companies and 40 universities and research organizations.

C. Other International Contributions

1. Kibo – The Japanese Experimental Module (JEM)

Japan, like Canada, is participating in the space station project. Its contribution will be a laboratory to accommodate general scientific and technology development research activities including microgravity studies. The JEM was recently given the name Kibo, which means "hope." It will have a pressurized module, which will be a 10-m long tube with a 4.2-m diameter. There will also be a smaller exposed facility, and an airlock joining those first two elements, as well as a local remote manipulator and an experiment logistics module (ELM). The ELM attaches to the laboratory and can be removed, returned to Earth to deliver experiments and products made in space, refilled with new materials and supplies, and returned to the station to be reattached to Kibo. Kibo itself attaches to the basic truss framework of the station. The ELM is being made compatible with Japan's own launch vehicle, the H-2. Japan has agreed to spend about $2 billion on its space station contribution, which is scheduled to be launched in October 2002.

2. Columbus – The European Space Agency's Pressurized Module (ESA Module)

The European Space Agency (ESA) is developing an attached, pressurized, "multi-purpose" laboratory as part of its contribution to the space station. This facility, which will be almost 12 m long with a diameter of 4.5 m, will be permanently attached to the space station. It is designed for international use principally in the fields of fluid physics, life sciences research and materials research. The module will provide a shirt-sleeve environment in which scientists can work.

Like Japan's Kibo and the U.S. laboratory and habitation modules, Columbus will include storage capacity and accommodation for what is known as "crew safe-haven capability." In other words, in the event of an emergency, the space station crew would have sufficient supplies and accommodation to await rescue. Columbus is currently scheduled for launch in 2004.

The ESA is also developing the automated transfer vehicle (ATV), which will handle the carrying of supplies to – and waste from – the ISS. The first ATV mission is scheduled for 2003.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

3. Russia's Contribution

With the end of the Cold War, Russia and the United States began a number of joint scientific undertakings. Russia's experience with the MIR Space Station prompted the United States to invite Russian participation in the International Space Station (ISS). Russia agreed to allow U.S. astronauts access to the MIR station to gain experience and also undertook to use its expertise to build several elements of the ISS. The U.S. provided the design and the financing for construction in Russia of the Zarya (Sunrise) module, otherwise known as the Functional Cargo Block. This, the first element of the ISS in space, will eventually function as a storage facility.

Russia is also contributing two Soyuz spacecraft to act as crew-escape vehicles, as well as the use of its Proton heavy lift vehicle (rocket) to launch elements of the station. This relieves the U.S. of the necessity of developing its own heavy lift vehicle, needed to supplement Space Shuttle flights during assembly of the ISS. However, the 1999 crash of two different Proton rockets shortly after lift-off caused NASA a great deal of concern with respect to Russia's ability to meet its commitments. It also delayed the launch of the Zvezda Service Module.

The Zvezda Service Module is the most complex Russian contribution. This module will serve as the early living quarters for astronauts assembling the ISS and contains vital life-support and propulsion elements. Zvezda was originally scheduled for launch on a Proton rocket in November 1999; however, lack of financial resources and Proton rocket failures caused many delays and the launch date was repeatedly pushed back. NASA has provided additional money in the hope of getting the project on track; until Zvezda is in place, further construction of the ISS is not possible. Although Zvezda has now been launched, Russian authorities announced that, because of financial constraints, all work has stopped on the remaining eight space station elements that Russia had agreed to supply. In addition, it is likely that Russia will not be able to provide the Proton-rocket launch support it had promised. Financial problems in Russia are raising serious concern in the U.S. Congress over the rising costs that will ensue if NASA ultimately has to supply the Russian elements.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

4. Progress of ISS Assembly

The Russian-built Zarya (Sunrise) module was launched from Baikonur in Kazakhstan on 20 November 1998. The module contains engines, fuel and communication devices. On 4 December 1998, the second element of the space station was launched aboard the Space Shuttle *Endeavour*. The *Endeavour* carried the U.S. docking module, Unity, into orbit. In the weeks following the launch, the space shuttle crew carried out three space walks to connect power and data transmission cables between Zarya and Unity. Unity is a six-sided structure; each side has an attachment port to which future modules will be connected.

In May-June 1999, Canadian astronaut Julie Payette, along with six others, travelled aboard the Space Shuttle to the fledgling ISS. No new elements of the station were added, as this was a "logistics flight." The crew transferred about 3,600 pounds of parts, tools, computers, water and clothes from the Space Shuttle to the station, in preparation for the arrival of the first permanent residents sometime in 2000. The shuttle crew was also able to repair a communications system on Unity and replace flawed battery packs on Zarya.

The next scheduled launch was to be in November 1999, when Russia was expected to launch its Zvezda module aboard a Proton rocket. As already noted, this launch was delayed, but did finally take place on 12 July 2000. On 26 July 2000, Zvezda successfully docked with the Zarya and Unity modules.

Throughout the remainder of 2000 and continuing into early 2001, the pace of activity connected to the ISS increased. A total of three missions to the space station occurred in October and November 2000.

- **First, the Shuttle carried the girder-like truss structure and associated electronics to the ISS. The crew installed this equipment, which will support the additional elements of the station as they arrive on site.**
- **The next to arrive at the station were the three members of the Expedition 1 crew who were the first long-term residents of the station. They were scheduled to remain there for approximately four months. The Expedition 1 crew travelled to the ISS aboard a Russian Soyuz spacecraft. The Soyuz module will remain at the station to act as the emergency crew evacuation vehicle.**

- **On the next shuttle flight in November 2000, the first solar photovoltaic arrays – that will power the space station – were delivered and installed. The array travelled in the Space Shuttle in a compacted form and had to be installed and then deployed after reaching the station.**

More recently, in February 2001, the Space Shuttle again travelled to the ISS. This time it carried the U.S. laboratory module – Destiny – which is one of the largest single elements to be added to the station thus far. It will be the centre for research activities on the ISS. An unprecedented number of "space walks" were required to safely attach the Destiny module to the truss structure and to the other modules. This task was successfully completed. During the next shuttle flight, in March 2001, the Expedition 1 crew was exchanged for the next residents (Expedition 2). That flight entailed the delivery and installation of the Italian-built reusable Leonardo logistics module (the equipment racks that will outfit the Destiny laboratory).

Later in the spring of 2001, a second (Russian) docking port (airlock) will be added to the ISS. This will be followed in April 2001 by the launch and installation of Canada's major contribution, the Space Station Remote Manipulator System (SSRMS). The new generation of robotic arm will then work with the Shuttle-based Canadarm to lift and hold subsequent parts of the ISS as they arrive and are installed.

CHRONOLOGY

25 January 1984 – The President announced that the U.S. would have a permanently manned space station by the end of the decade.

18 March 1986 – The Prime Minister announced Canada's acceptance of the invitation to participate in the space station program.

December 1987 – Canadian and U.S. negotiators agreed on the text of a Memorandum of Understanding governing Canadian participation in the Space Station Project. (It was finalized after Cabinet and Congressional approval early in 1988.)

21 April 1988 – The government announced its decision to commit $1.2 billion over 15 years to the realization of the Mobile Servicing System (MSS) for the U.S. Space Station.

10 May 1990 – Bill C-16, An Act to establish the Canadian Space Agency and other matters in relation to space, was given Royal Assent. The Space Station Management Program, formerly part of the National Research Council, falls within the mandate of the new Canadian Space Agency.

August 1994 – A redesigned space station, with Russian participation, received U.S. Congressional approval. Construction of station components was now under way.

November 1995 – An advanced version of the Canadian Space Vision System flew on a space shuttle mission and was used in a docking exercise.

April 1997 – Canada agreed to construct the SPDM (Special Purpose Dextrous Manipulator) for the International Space Station.

29 January 1998 – Canada signed the revised Inter-Governmental Agreement, an international treaty establishing the new International Space Station (ISS) partnership including Russia.

October 1998 – Canada's station robotic arm, the SSRMS, was delivered to NASA.

20 November 1998 – The first ISS element, the Russian-made Functional Cargo Block (FCB), called Zarya (Sunrise), was launched from Baikonur in Kazakhstan.

4 December 1998 – The docking Module, Unity 3, was launched aboard the Space Shuttle, Endeavour. It was mated to the Zarya module on 5 December, using the Canadarm aboard the Endeavour, and guided by the Canadian Space Vision System.

12 July 2000 – The Service Module Zvezda was launched. It successfully docked with the ISS and was added to the growing station.

October-November 2000 – The main truss structure that will support the ISS was added, as were the first large solar arrays that will supply power to the station. The first residents of the ISS, a three-man crew, took up residence in the station for a four-month stay.

February 2001 – The U.S.-built laboratory module, Destiny, was added to the ISS.

March 2001 – The Expedition 2 three-man crew arrived to replace the Expedition 1 crew, and the Leonardo logistics module was delivered and installed in Destiny.

SELECTED REFERENCES

Canadian Space Agency.

- "Canadian Space Station Program." 1998.
- "Federal Government Approves New Direction for Space Program." 3 June 1994.
- "Summary of Canadian Space Station Program. Economic Performance." 12 July 1993.

National Aeronautics and Space Administration. "A Key to Discovery." ***The International Space Station Fact Book.*** **October 2000 (http://spaceflight.nasa.gov).**

Bulletin d'actualité **87-5F**

LA STATION SPATIALE INTERNATIONALE : LA PARTICIPATION DU CANADA

Lynne C. Myers
Division des sciences et de la technologie

Révisé le 29 mars 2001

Bibliothèque du Parlement
Library of Parliament

Direction de la recherche parlementaire

La Direction de la recherche parlementaire de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, elle assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les attachés de recherche peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.

N.B. Dans ce document, tout changement d'importance fait depuis la dernière publication est indiqué en **caractère gras.**

THIS DOCUMENT IS ALSO PUBLISHED IN ENGLISH

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

DÉFINITION DU SUJET 1

CONTEXTE ET ANALYSE 3

A. La station spatiale 3

B. Le programme canadien de la station spatiale 6
1. Objectifs du programme : Pourquoi le Canada devrait-il y participer? 6
2. Le système d'entretien mobile (SEM) 9
3. Le programme des technologies stratégiques en automatisation et en robotique (TSAR) 12

C. Autres contributions internationales 13
1. Kibo – le module-laboratoire japonais (JEM) 13
2. Columbus – le module pressurisé de l'Agence spatiale européenne (module de l'ESA) 13
3. La contribution russe 14
4. L'état d'avancement de l'assemblage de la SSI 15

CHRONOLOGIE 16

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE 18

CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

LA STATION SPATIALE INTERNATIONALE : LA PARTICIPATION DU CANADA*

DÉFINITION DU SUJET

Depuis de nombreuses années, les États-Unis sont engagés activement, et en général avec succès, dans l'exploration de l'espace. Ce pays a mis en orbite des vaisseaux spatiaux habités et non habités et les a ramenés sur Terre. Il a permis à l'homme de marcher sur la Lune et d'en revenir sain et sauf. Avec la navette spatiale, il a prouvé qu'il était possible – mais non sans danger – de réutiliser le même vaisseau spatial. La National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis estime que la construction et l'exploitation d'une station spatiale habitée en permanence constituent la prochaine étape majeure de l'évolution de l'exploration de l'espace par l'humain. La station spatiale remplira trois missions.

- En premier lieu, elle formera une base de recherches orbitale dans laquelle il sera possible d'étudier les effets de longs séjours dans l'espace sur la physiologie et le bien-être des humains. Nous avons absolument besoin de cette information pour poursuivre avec succès l'exploration et l'exploitation de l'environnement spatial.
- La station jouera aussi le rôle de laboratoire de recherche de pointe, dans lequel il sera possible de commencer à mieux comprendre comment utiliser les caractéristiques propres à l'espace – gravité presque nulle, vide presque parfait et absence d'interaction avec l'atmosphère – pour étudier de nouveaux matériaux, de nouveaux médicaments et de nouvelles technologies.
- Enfin, la station spatiale sera un banc d'essai technique qui permettra d'apprendre comment construire, exploiter et entretenir des systèmes complexes dans l'espace.

---

* La première version de ce bulletin d'actualité a été publiée en février 1987. Le document a été régulièrement mis à jour depuis.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

En 1984, le président de l'époque, Ronald Reagan, a annoncé la décision des États-Unis de construire d'ici dix ans une station orbitale habitée en permanence, et il a invité le Canada et le Japon ainsi que l'Agence spatiale européenne (ESA) à participer à la réalisation de cet ambitieux projet. En mars 1986, le Canada a annoncé qu'il acceptait l'invitation. La même année, 11 pays de l'ESA et le Japon ont confirmé eux aussi leur participation. En janvier 1998, le Canada et les autres participants du début ont signé un accord intergouvernemental révisé en vue de l'établissement d'un nouveau partenariat pour la SSI (station spatiale internationale), dont font maintenant partie la Russie et le Brésil. Les nouveaux accords reflétaient les changements apportés au programme de la station spatiale à cause de la participation importante de la Russie et les changements apportés au projet au fil des ans.

Les autorités canadiennes ont accepté que le pays se charge de la conception, de la construction et de la mise en service d'un élément crucial de la station, le Système d'entretien mobile (SEM), pour des tâches d'assemblage, d'entretien et de mise au point effectuées sur la station spatiale. Le SEM était censé être composé d'un système à base mobile, de deux manipulateurs (le télémanipulateur et le MAS, ou manipulateur agile spécialisé) et du Système canadien de vision spatiale (SCVS). Voici des raisons que l'on a citées pour justifier la participation du Canada : l'occasion de faire avancer l'industrie spatiale canadienne, dont la réputation est déjà bien établie; les retombées possibles des progrès que cet effort ne manquera pas d'engendrer dans le domaine de la robotique et de l'intelligence artificielle; l'accès futur à la station orbitale pour des projets de recherche et de développement scientifiques. On a d'abord estimé le coût de cette participation à 800 millions de dollars, mais cet engagement a augmenté au fil des ans et devait se chiffrer à environ 1,9 milliard de dollars d'ici 2005. Toutefois, les efforts de réduction du déficit ont obligé le Canada à réduire cet engagement. Par suite des nouvelles négociations qui ont eu lieu dans la foulée du budget de 1994, le Canada a réduit son engagement financier, qui est passé à 496 millions de dollars, somme qui vient s'ajouter aux 713 millions de dollars déjà versés. Le total de sa contribution est ainsi tombé à environ 1,2 milliard de dollars. Comme nous le précisons plus loin dans cette étude, bien que le Canada ait réduit sa participation financière, il a conservé les volets du programme qui offrent les meilleures possibilités de retombées économiques et scientifiques pour les Canadiens.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

CONTEXTE ET ANALYSE

A. La station spatiale

La station spatiale américaine ne sera pas une première; en 1973-1974, le Skylab – qui pouvait recevoir à son bord des astronautes pour des séjours pouvant aller jusqu'à trois mois consécutifs – était déjà en orbite autour de la Terre. Entre ce moment et la décision prise en 1984 de construire une station orbitale, les États-Unis ont axé leurs efforts sur la mise au point de la navette spatiale (ou STS – système de transport spatial). Dans l'intervalle, le programme Saliout a doté l'URSS d'une station spatiale habitable et permanente, qu'elle utilise depuis 1971. Par ailleurs, en exploitant la station spatiale MIR pendant de nombreuses années, les Soviétiques ont acquis une expérience précieuse. Après le démantèlement de l'Union soviétique, l'avenir de la station MIR avait été remis en question, mais il semble maintenant que la station pourra poursuivre ses activités. Depuis mai 1995, la NASA a amarré ses navettes spatiales Atlantis et Discovery à la station spatiale MIR une dizaine de fois, afin de permettre l'intégration progressive de la Russie au programme américain de la SSI.

Le programme de la station spatiale américaine, tel qu'il était conçu initialement, était à la fois ambitieux et novateur. La station devait remplir un vaste éventail de fonctions, et servir :

- de laboratoire spatial pour la recherche scientifique et la mise au point de nouvelles technologies;
- d'observatoire permanent comportant des éléments sur orbites polaires et à faible degré d'inclinaison pour l'observation de la Terre et de l'univers;
- de centre de transport où les véhicules et les charges utiles transiteront pour les préparations nécessaires avant de rejoindre l'orbite leur ayant été assignée;
- de station-service où les charges utiles et les véhicules pourront être entretenus, réparés ou reconditionnés;
- d'installation d'assemblage où des structures spatiales de grandes dimensions pourront être assemblées et testées;
- d'installation qui permettra de tirer parti des conditions exceptionnelles offertes par l'environnement spatial pour fabriquer des produits que l'on ne pourrait obtenir sur Terre et d'ouvrir ainsi de nouveaux débouchés commerciaux;

- de dépôt de stockage où les charges utiles et les pièces détachées pourront être conservées en orbite pour une utilisation ultérieure;

- de base logistique pour d'éventuels projets spatiaux futurs comme, par exemple, la construction d'une base permanente sur la Lune, une mission habitée vers Mars, des vols de reconnaissance pilotés vers les astéroïdes, la mise en place en orbite géosynchrone d'une station scientifique et de télécommunications habitée, ou pour des sondes planétaires automatiques.

En 1990, en raison de restrictions budgétaires et de certains doutes formulés sur les principes techniques de la station proposée, le Congrès a demandé à la NASA de réviser ses plans et de modifier le programme de manière à l'adapter aux contraintes financières toujours en vigueur. Une fois ce réexamen terminé, la NASA a proposé une version plus petite de la station spatiale, qui est devenue la proposition officielle. La nouvelle version n'a pas modifié les principes de conception du SEM et le Canada a poursuivi ses travaux, à partir des critères formulés au départ par la NASA.

Or, depuis qu'il a approuvé la première fois le projet, le Congrès américain n'a pas assuré le financement équivalant au montant que la NASA avait demandé et prévoyait. Par exemple, en 1988, la NASA a demandé au total 767 millions de dollars pour le projet, mais le Congrès n'a approuvé qu'une somme de 393 millions. Des décisions semblables ont été prises les années suivantes, et en 1992, un comité du Congrès a même adopté une résolution visant l'arrêt de tout financement pour la station spatiale. La Chambre des Représentants a toutefois rétabli ce financement, mais pour une somme de 1,9 milliard de dollars, alors que la NASA avait demandé 2,45 milliards. En 1993, la rumeur a voulu que le financement de la station spatiale soit amputé ou même éliminé. Au début de cette année-là, la Maison-Blanche a toutefois annoncé qu'elle demanderait des fonds de l'ordre de 2,305 milliards de dollars pour la station spatiale pour l'exercice 1994. Le président Clinton a de nouveau affirmé son appui au programme, tout en exigeant une nouvelle modification des plans de conception afin de réduire encore plus les coûts. Avant même que les nouveaux plans de conception ne soient soumis à l'approbation du président, des négociations ont été amorcées avec la Russie, qui désirait elle aussi offrir son expertise et son matériel aux fins de la réalisation de la station spatiale internationale. Les défenseurs américains de la SSI espèrent que le Congrès sera moins porté à sabrer dans le projet maintenant qu'il en est au stade de la construction. Les partenaires internationaux de la NASA espèrent également qu'il ne sera pas nécessaire de modifier de nouveau la conception de la station.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Tout comme la conception, les objectifs officiels du programme de la NASA ont eux aussi été modifiés, de manière à refléter des objectifs à plus court terme, et peut-être même moins grandioses. Ces objectifs officiels ont été formulés ainsi :

- établir une installation multifonctions habitée en permanence sur orbite terrestre basse (LEO) au cours des années 90;
- améliorer et accroître les capacités de vie et de travail des humains dans l'espace, de manière sécuritaire;
- favoriser les technologies d'importance nationale en les mettant à profit pour la fourniture des fonctions de la station spatiale;
- assurer l'exploitation et l'utilisation à long terme et de manière rentable d'installations scientifiques en constante amélioration aux fins de travaux scientifiques, technologiques, commerciaux et opérationnels, facilités ou enrichis par la présence de l'humanité dans l'espace;
- promouvoir un fort degré de coopération internationale dans l'espace;
- créer et multiplier les occasions d'activités dans l'espace pour le secteur privé;
- assurer l'évolution de la station spatiale de manière qu'elle puisse satisfaire aux besoins et aux défis futurs;
- favoriser la connaissance et la compréhension par le public du rôle des systèmes spatiaux habitables dans l'évolution de l'expérience humaine au-delà de l'atmosphère terrestre.

Dans le projet original, la station spatiale ressemblait à un grand rectangle de poutrelles métalliques en treillis. Ces treillis auraient été amenés dans l'espace par la navette, puis auraient été assemblés sur place par le Système d'entretien mobile fabriqué au Canada. Selon la version la plus récente, les treillis seront maintenant pré-intégrés et pré-testés sur Terre, et tous les sous-systèmes seront installés avant le lancement. Plusieurs modules seront d'abord lancés et accouplés, puis le treillis intégré sera ajouté. Le Canadarm – le Bras canadien (ou télémanipulateur) – déjà utilisé à bord de la navette spatiale, servira au début de la construction de la station, et le SEM servira plus tard durant la construction et l'entretien.

La nouvelle station spatiale sera plus petite que le prévoyait le premier projet (108 m au lieu de 150), et pourra accueillir de quatre à six astronautes au lieu de huit. De plus, son débit de transmission vers la Terre équivaudra à seulement un sixième du débit par minute prévu au départ.

Il est évident que l'envergure et le nombre d'expériences réalisables dans cette nouvelle configuration seront inférieurs aux prévisions originales. Cependant, pour le Canada, il ne s'agit pas de changements graves, puisque tant l'ancienne que la nouvelle version de la station ont besoin du SEM.

Les plans et les échéanciers de lancement et de construction sont constamment flottants. La NASA a lancé les deux premiers éléments de la station spatiale en novembre et décembre 1998, mais a retardé le lancement du troisième élément à plusieurs reprises. Il n'a eu lieu qu'en juillet 2000. La NASA prévoit avoir entièrement terminé la construction de la station à la fin de 2004. Après seulement six vols d'assemblage, la station en sera déjà rendue au stade de visitabilité (MTC, pour « man-tended capability »). Les trois premiers astronautes résidents devraient monter à bord de la navette en octobre 2000. Une fois la station au stade de visitabilité, la navette spatiale continuera d'effectuer plusieurs vols chaque année pour des opérations d'assemblage et de maintenance, tandis qu'il y aura trois vols d'exploitation annuels. Pendant ces trois vols, la navette et son équipage de sept s'amarreront à la station pour une période d'environ deux semaines; quatre membres d'équipage réaliseront des expériences pour le compte des utilisateurs de la station. La station devrait atteindre le stade d'habitabilité permanente (PMC, pour « permanent-manned capability ») au plus tard en 2004. À ce stade, la station spatiale sera habitée en permanence par un équipage de quatre à six personnes, dont deux assureront le soutien aux activités des utilisateurs de la station spatiale (c'est-à-dire la réalisation d'expériences pour le compte des utilisateurs de la station.) Les pays participant à l'exploitation de la station partageront les coûts de ces séjours dans l'espace. Ils auront accès aux laboratoires, pour ce qui est du temps et de l'espace, en proportion de leur contribution respective.

B. Le programme canadien de la station spatiale

1. Objectifs du programme : Pourquoi le Canada devrait-il y participer?

La réponse à cette question n'est pas simple. On avance de nombreuses raisons pour justifier la participation canadienne à cet ambitieux programme spatial : le prestige international à tirer en tant qu'économie industrielle à la fine pointe de la technologie; l'entrée dans des domaines nouveaux et importants de la technologie de pointe; les applications technologiques terrestres; l'accès à long terme à l'environnement spatial pour les chercheurs canadiens; le développement d'une main-d'œuvre hautement qualifiée dans les secteurs de la robotique et de l'automatisation. À

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

court terme, les retombées techniques et économiques sur Terre sont sans doute l'aspect le plus intéressant du projet, alliées à la création d'un réservoir de scientifiques et d'industriels au fait des nouvelles technologies. Les responsables de l'Agence spatiale canadienne soulignent que les entreprises canadiennes ont déjà profité de retombées de plus de un milliard de dollars de l'activité économique directement liée à la station spatiale, et que celles-ci pourraient même dépasser cinq milliards de dollars au cours des 20 ou 25 prochaines années. Nombre des technologies mises au point pour la station spatiale, particulièrement dans les secteurs de la robotique et de l'automatisation, auront des applications terrestres, entre autres le travail dans des milieux « hostiles » comme l'industrie nucléaire, l'exploitation minière et la mise en valeur des ressources offshore.

En 1991, le Bureau du programme de la station spatiale de l'Agence spatiale canadienne a détaillé les objectifs du programme comme suit :

(i) Renforcer la capacité du Canada à agir dans l'espace et à l'exploiter, de la façon suivante :

- assurer la mise sur pied et l'exploitation du SEM afin qu'il joue un rôle prédominant dans l'assemblage et l'entretien de la station spatiale;
- mettre au point et appliquer des technologies stratégiques pour le SEM, particulièrement dans les secteurs de l'automatisation et de la robotique;
- faciliter la participation de l'industrie, des gouvernements et du milieu universitaire canadiens à l'utilisation de la station spatiale;
- assumer la part des opérations courantes de la station spatiale revenant au Canada;
- réaliser, à l'intention des utilisateurs, des expériences de démonstration axées sur les technologies à potentiel commercial;
- participer à la gestion internationale de la station spatiale.

(ii) Maximiser les avantages sociaux et économiques pour les Canadiens, de la façon suivante :

- améliorer la répartition régionale des fonds gouvernementaux dans le domaine spatial;
- assurer la commercialisation des technologies de la station spatiale.

À l'époque, le programme canadien se divisait en quatre grands volets :

(i) Mise sur pied et exploitation du Système d'entretien mobile. Il devait s'agir de la principale contribution du Canada à la station spatiale, consistant en une plate-forme, un télémanipulateur et un manipulateur agile spécialisé; les opérations du SEM comportaient des installations terrestres de haute technicité permettant de simuler la planification des opérations;

(ii) Exploitation de la station spatiale. Cette tâche devait représenter la contribution du Canada à l'exploitation et à l'entretien de la station spatiale, une fois lancée, avec l'aide des astronautes canadiens;

(iii) Le programme de développement de technologies stratégiques en automatisation et en robotique (TSAR), qui consistait en contrats accordés à l'industrie pour la mise au point de technologies de la prochaine génération, destinées à assurer l'évolution continue du SEM;

(iv) Le programme de développement axé sur les utilisateurs (PDU) destiné à favoriser, au moyen de contrats passés avec des entreprises et des universités, l'utilisation et l'exploitation commerciale canadiennes de la station spatiale, en particulier de la microgravité, grâce à la mise au point de nouveaux matériaux, produits et procédés dans l'espace.

Ce programme a quelque peu changé, surtout en ce qui concerne les volets (i) et (ii), par suite de la renégociation de la participation canadienne qui a suivi le dépôt du budget de 1994. Dans le cadre du volet (i), le Canada prévoyait concevoir et construire le SEM et le MAS (manipulateur agile spécialisé, également appelé « main canadienne »). Selon l'entente de 1994, il devrait terminer la conception et la construction du SEM et rester responsable de son exploitation une fois celui-ci sur la station. Cependant, il devrait seulement terminer la conception, et non la construction, du MAS; le Canada a obtenu trois années de plus pour décider s'il construira le MAS. Selon l'ASC, le nouveau programme conservait les éléments les plus importants de l'ancien, puisqu'il permettait aux entreprises et aux scientifiques canadiens de continuer à perfectionner leur savoir-faire en matière de conception dans les secteurs importants de l'automatisation et de la robotique. En avril 1997, le premier ministre est revenu sur la première décision et a annoncé que le Canada investirait 150 millions de dollars U.S. dans la construction du MAS.

Le SCVS (Système canadien de vision spatiale) – un concept révolutionnaire dont la mise au point se fait dans le cadre d'un programme conjoint de l'Agence spatiale canadienne et la NASA – fait maintenant partie de la participation canadienne à la station. Le système est conçu de façon à fournir aux télémanipulateurs de la station des « indices visuels synthétiques »

qui leur permettent de visualiser ce qu'ils font. Le SCVS a été mis à l'essai en orbite lors d'un vol de la navette spatiale en 1992. Une version perfectionnée du système a été employée pour réaliser un amarrage dans la soute de la navette, au cours d'une mission qui a eu lieu en novembre 1995. En décembre 1998, le SCVS a servi à l'amarrage des deux premiers éléments de la station spatiale : Zarya et Unity. Son rendement opérationnel est à la hauteur de toutes les attentes.

Le deuxième changement en importance dans la participation du Canada à la station, c'est l'abandon de l'engagement à participer à son exploitation permanente (volet ii). Le Canada réalisera ainsi des économies d'environ 270 millions de dollars sur dix ans. Bien que le Canada ait décidé de retarder l'utilisation de sa part des ressources de la station spatiale, il conservera l'option d'accorder aux chercheurs canadiens l'accès à la station, en payant à l'utilisation. La construction du MAS sert actuellement d'argument de négociation pour éventuellement redonner accès à la station aux chercheurs canadiens. En fait, les astronautes canadiens sont assurés de pouvoir effectuer un vol par année jusqu'à ce que la construction de la station soit terminée. Par la suite, des astronautes étrangers procéderont aux expériences envoyées à la station par les chercheurs canadiens. Le fait de ne pas utiliser de façon régulière sa part des ressources de la station (2,3 p. 100) permettra au Canada d'économiser 75 millions de dollars de plus. Ces nouvelles modalités de participation ont également atténué la nécessité du volet iv, le programme de développement axé sur les utilisateurs.

On pourrait croire que le fait de renoncer à utiliser régulièrement la station spatiale invalide la raison pour laquelle le Canada a décidé en premier lieu de participer au programme. Les responsables de l'Agence spatiale canadienne soutiennent toutefois que les plus importantes retombées économiques et technologiques pour le Canada proviendront de la R-D et de l'activité industrielle résultant de la conception et de la construction du SEM, du MAS et du SCVS. Le fait que l'investissement de 713 millions de dollars par le gouvernement ait déjà produit des retombées d'un milliard semble appuyer cette déclaration. De plus, les spécialistes canadiens de l'espace continueront d'avoir accès à la station, bien que dans des conditions légèrement différentes de celles prévues au départ. Les sections suivantes donnent un aperçu de chaque élément du Programme de la station spatiale.

2. Le système d'entretien mobile (SEM)

Jusqu'à présent, la contribution du Canada au programme spatial américain a été le bras Canadarm, qui s'est avéré un franc succès; on le trouve maintenant sur presque tous les vols de

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

la navette spatiale. Lorsqu'on a demandé au Canada de se joindre au programme de la station spatiale, il était logique que le pays parte du savoir-faire accumulé. Toutefois, il a insisté pour que sa participation ne se résume pas à la simple fourniture d'un élément matériel, car il voulait ainsi s'assurer qu'il pourrait continuer à prendre part aux activités après la mise en service de la station. Une fois obtenu l'accord des États-Unis à ce sujet, le Canada a accepté de concevoir, de construire et d'exploiter le SEM. Il est bon de noter que, avant la participation de la Russie, le Canada était le seul pays étranger à fournir un élément crucial à la mission de la station, c'est-à-dire un élément qui doit absolument être prêt à temps et selon les critères établis pour que la mission puisse se poursuivre.

La figure 1 est un croquis non technique du SEM. Ce système remplira les tâches principales d'assemblage et d'entretien de la station spatiale; il déplacera du matériel et des fournitures sur la station, assurera le soutien des astronautes pendant leurs activités extravéhiculaires (EVA) et la maintenance des instruments et des autres charges utiles fixées à la station. De plus, le SEM servira à l'amarrage des navettes en visite ainsi qu'au chargement et au déchargement de la soute de la navette. Le Canada est responsable de toutes les tâches de conception, de mise au point et d'exploitation à long terme du SEM.

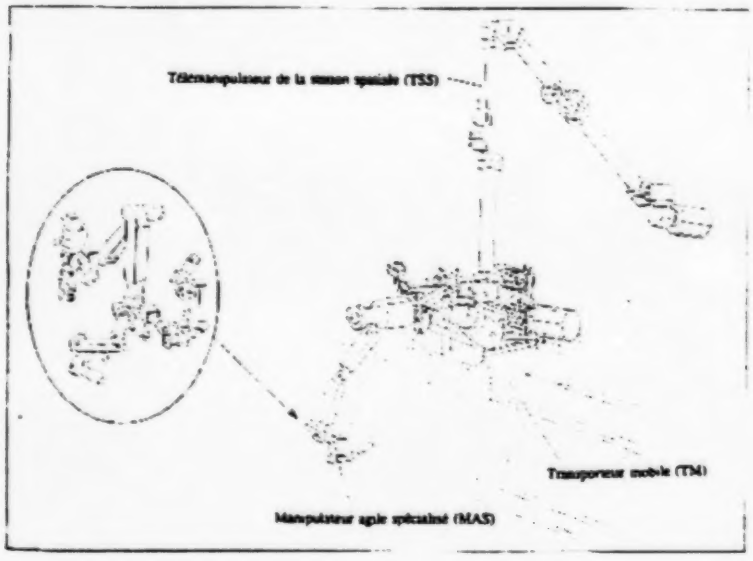
Comme le montre la figure 1, le SEM comporte deux éléments. Le premier est le télémanipulateur (ou, selon la nouvelle terminologie américaine, le télémanipulateur de la station spatiale ou TSS), la nouvelle génération du Canadarm installé à bord des quatre navettes. Le nouveau bras présente sept plutôt que six articulations actionnées par moteur et commandées par ordinateur. L'articulation supplémentaire permet au bras de reproduire la plupart des mouvements du bras humain. Le bras fait 17,6 m (58 pieds) de longueur et peut saisir une charge utile de 116 000 kg (128 tonnes impériales). Le TSS est construit, il a subi avec succès l'examen de sécurité de la SSI et l'examen de réception, et il a été livré à la NASA en février 1999. Une fois installé sur la SSI, il se déplacera sur un transporteur mobile, ou sur un système de base, également fourni par le Canada.

Le SEM comportera aussi un plus petit robot, appelé MAS ou Manipulateur agile spécialisé. Ce robot (que ses concepteurs ont baptisé du doux nom de « Hector the Erector ») aura deux bras à sept articulations, chacun faisant environ 2 m (6,65 pi) de longueur; sa dextérité mécanique sera remarquable et lui permettra de réaliser les tâches les plus délicates, par exemple, des travaux sur les circuits électriques, les conduits de combustible et les systèmes de

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

refroidissement. Les progrès dans les secteurs de la robotique, des systèmes de vision et de l'intelligence artificielle ont permis de doter le MAS de sens quasi humains. Par exemple, il comporte trois caméras distinctes qui lui permettent de « voir » ce qui se passe sur la station. Il peut reconnaître des cibles et corriger sa position en conséquence. Des logiciels perfectionnés préviennent aussi les collisions entre les deux bras et empêchent automatiquement le coude de frapper tout objet ou personne sur sa trajectoire lorsque les bras se déplient pour saisir un objet. En plus de la « vue », grâce au système de vision spatiale, le robot est aussi doté du sens du « toucher ». Il est équipé de systèmes capteurs de force qui l'informent de la pression avec laquelle il touche un objet, le pousse, le tire ou le tord. Grâce à ces capacités, le MAS peut servir à réparer ou à déplacer des pièces électroniques fragiles ou à serrer des écrous sans risquer de les endommager. Les astronautes n'auront donc plus besoin de sortir dans l'espace pour réaliser les réparations de routine.

Figure 1
Le Système d'entretien mobile et le manipulateur agile spécialisé de la station spatiale



Source : Services techniques et administratifs. NASA, *Space Station Freedom Handbook*, p. 78.

Le TSS et le MAS sont conçus pour durer plus de dix ans et pour pouvoir supporter le stress d'une exposition prolongée dans l'espace avec un maximum de fiabilité. Comme le Canada a réussi à respecter les normes rigoureuses concernant le Canadarm, la NASA a décidé de lui confier le développement du TSS et du MAS. La composition de l'équipe industrielle chargée de la plupart des éléments du TSS et du MAS tient compte de l'objectif qui vise à répartir les fonds gouvernementaux en matière spatiale dans l'ensemble du pays. L'équipe est dirigée par Spar Aerospace (installée à Montréal et à Toronto). En font également partie IMP Group (Halifax), CAE Électronique (Montréal), CAL Corporation (Ottawa), SED Systems (Saskatoon) et MacDonald Dettwiler Associations (Richmond (C.-B.)). Le MAS est censé être livré à la NASA en 2001 et sera installé à bord de la station spatiale internationale lors d'une mission future.

Le Programme de la station spatiale du Canada comprend aussi des installations au sol de pointe appelées « complexe des opérations SEM » et situées au siège de l'ASC à Saint-Hubert, au Québec. Y sont réunis l'infrastructure, les ressources, le matériel et les compétences nécessaires aux opérations spatiales du SEM. Le complexe est un centre moderne qui loge plusieurs installations d'exploitation et de formation, dont le centre de soutien des opérations de la station spatiale, l'installation de simulation du SEM, le simulateur cinématique des opérations et l'installation de formation du TSS (télémanipulateur de la station spatiale). Comme l'ASC l'indique dans un document récent, les contrôleurs utilisent le complexe pour planifier les manœuvres complexes du TSS avant de les réaliser à bord de la station spatiale. Ils surveillent également la bonne marche du SEM et de ses systèmes matériels et logiciels complexes. Les astronautes et les cosmonautes de différents pays de la station spatiale visiteront le complexe pour en savoir davantage sur le SEM et son mode de fonctionnement dans les rigueurs de l'espace.

3. Le programme des technologies stratégiques en automatisation et en robotique (TSAR)

Le programme TSAR est conçu pour permettre la mise au point de nouvelles technologies adaptées à l'évolution du SEM au cours de sa mission prévue de 30 ans. On veut ainsi s'assurer que le SEM ne devienne pas périmé. Comme toutes ces nouvelles technologies devront satisfaire aux normes de qualification spatiale, leur mise au point risque de prendre du temps et nombre des premières applications seront probablement des applications terrestres.

Les technologies de pointe stratégiques appuyées par le TSAR au moyen de contrats avec l'industrie comprennent l'automatisation des opérations et des systèmes experts, le contrôle

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

d'état des systèmes, la gestion automatique de l'alimentation, la robotique autonome, les systèmes avancés de vision spatiale, la planification de la trajectoire et l'évitement d'objets (pour empêcher le MAS de heurter d'autres objets), et la protection des matériaux dans l'espace. Jusqu'ici, des fonds ont été accordés pour le TSAR à plus de 120 partenariats d'un bout à l'autre du pays. Ces partenariats regroupent plus de 80 entreprises et 40 universités et organismes de recherche.

C. Autres contributions internationales

1. Kibo – le module-laboratoire japonais (JEM)

À l'instar du Canada, le Japon participe à la réalisation de la station spatiale. Sa contribution prendra la forme d'un laboratoire où l'on se livrera à des activités générales de recherche scientifique et de développement technologique, y compris des études sur la microgravité. Dernièrement, le JEM a été baptisé « kibo » ce qui signifie « Espoir ». Il comportera un module pressurisé, qui sera un tube de 10 m de long et 4,2 m de diamètre. Il comprendra aussi une plus petite installation ouverte sur l'espace, un sas reliant les deux premiers éléments, ainsi qu'un télémanipulateur local et un module logistique expérimental (ELM). Ce dernier module sera rattaché au laboratoire et il sera possible de l'en détacher, de le renvoyer sur Terre pour y livrer les résultats d'expériences et les produits fabriqués dans l'espace, de le remplir de nouveaux matériaux et de le renvoyer à la station pour l'amarrer de nouveau à Kibo. Kibo sera fixé à la structure en treillis de base de la station. L'ELM sera compatible avec le propre véhicule de lancement des Japonais, le H-2. Le Japon a convenu de consacrer quelque deux milliards de dollars à sa contribution au projet de station orbitale, dont le lancement est prévu pour octobre 2002.

2. Columbus – le module pressurisé de l'Agence spatiale européenne (module de l'ESA)

L'Agence spatiale européenne (ESA) compte contribuer au projet de station spatiale, entre autres, en mettant au point un laboratoire fixe, pressurisé et polyvalent. Ce module de 12 m de longueur et de 4,5 m de diamètre sera fixé en permanence à la station spatiale. Il formera un environnement « en bras de chemise » pour les travaux scientifiques.

Tout comme le module Kibo du Japon et les unités d'habitation et laboratoires américains, Columbus prévoit une capacité de stockage et d'accueil suffisante pour créer un « îlot de sécurité » pour l'équipage. Autrement dit, en cas d'urgence, l'équipage de la station orbitale

disposerait de suffisamment d'espace et de vivres pour attendre les secours. Le lancement de Columbus est prévu pour 2004.

L'ESA est également à mettre au point le véhicule de transfert automatisé (ATV) qui servira à transporter les fournitures à la SSI et à en retirer les déchets. La première mission ATV est prévue pour 2003.

3. La contribution russe

Depuis la fin de la guerre froide, la Russie et les États-Unis ont entrepris plusieurs collaborations scientifiques. L'expérience russe de la station spatiale Mir a amené les États-Unis à inviter les Russes à participer à la station spatiale internationale (SSI). La Russie a accepté de donner aux astronautes américains accès à la station Mir pour qu'ils acquièrent de l'expérience, et entrepris de mettre son expertise à profit pour la construction de plusieurs éléments de la SSI. Les États-Unis ont pris en charge la conception et le financement de la construction en Russie du module Zarya (Lever du soleil), un module de fret fonctionnel. Premier élément de la SSI dans l'espace, il sert essentiellement à l'entreposage.

La Russie fournira aussi deux vaisseaux spatiaux Soyouz comme habitacles éjectables de secours ainsi que son lanceur spatial puissant Proton (une fusée) pour lancer des éléments de la station. Les États-Unis n'auront donc pas à produire leur propre lanceur pour assurer les lancements de la navette spatiale pendant l'assemblage de la SSI. Toutefois, la NASA s'inquiète encore que la Russie ne puisse remplir ses engagements parce que deux fusées Proton se sont écrasées en 1999, peu après leur lancement. Ces accidents ont aussi retardé le lancement du module de servitude Zvezda.

La contribution finale de la Russie, et la plus complexe, est le module de servitude Zvezda. Il servira de premiers quartiers habitables pour les astronautes qui assemblent la SSI et contiendra des éléments de survie et de propulsion. Il devait être lancé en novembre 1999 au moyen d'une fusée Proton, mais un manque de ressources financières et les ratés des fusées Proton ont entraîné de nombreux retards, de sorte qu'il a fallu reporter maintes fois le lancement. La NASA a versé des fonds additionnels dans l'espoir que le projet démarre. En effet, la construction de la SSI ne peut se poursuivre si Zvezda n'est pas en place. Le lancement de Zvezda a enfin eu lieu, mais la Russie a annoncé qu'en raison de contraintes financières, tous les travaux concernant les huit autres éléments de la station spatiale qu'elle avait accepté de fournir

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

ont dû être arrêtés. De plus, elle ne sera probablement pas en mesure d'assurer le soutien promis pour le lancement de la fusée Proton. Ses problèmes financiers suscitent beaucoup d'inquiétude au Congrès américain relativement à la hausse des coûts qui s'ensuivra si la NASA doit à la limite fournir les éléments promis par la Russie.

4. L'état d'avancement de l'assemblage de la SSI

Le module Zarya (Lever du soleil) de fabrication russe a été lancé le 20 novembre 1998 à partir de Baïkonour, au Kazakhstan. Il renferme des moteurs, du carburant et des dispositifs de communication. Le 4 décembre 1998, la deuxième partie de la station spatiale a été lancée à bord de la navette spatiale *Endeavour*. Ce vol transportait le module d'arrimage américain (Unity). Au cours des semaines qui ont suivi, les astronautes ont fait trois sorties dans l'espace pour brancher les câbles d'alimentation électrique et de transmission de données entre Zarya et Unity. Le module Unity est une structure à six côtés, qui sont chacun muni d'un point d'assemblage pour le raccordement de futurs modules.

En mai-juin 1999, l'astronaute canadienne Julie Payette s'est rendue à la toute nouvelle SSI avec six collègues à bord de la navette spatiale. Aucun nouvel élément n'a été ajouté à cette occasion, car il s'agissait d'un vol logistique. L'équipage a approvisionné la station en pièces, outils, ordinateurs, eau et vêtements (environ 3 600 livres) en prévision de l'arrivée des premiers résidents permanents dans le courant de 2000. L'équipage de la navette a également pu réparer un système de communication à bord d'Unity et remplacer des batteries défectueuses à bord de Zarya.

Le prochain lancement devait avoir lieu en novembre 1999; la Russie devait alors lancer son module Zvezda au moyen d'une fusée Proton. Comme il a été mentionné, ce lancement a été retardé, mais a eu lieu le 12 juillet 2000. Le 26 juillet, Zvezda a été accouplé avec succès aux modules Zarya et Unity.

Jusqu'à la fin de 2000 et au début de 2001, la cadence des activités reliées à la SSI a augmenté. En octobre et novembre 2000, la station spatiale a fait l'objet de trois missions au total.

- **D'abord, la navette a transporté la structure en treillis en forme de poutre et les composants électroniques connexes jusqu'à la SSI. L'équipage a installé ce matériel, qui supportera les autres éléments de la station à mesure qu'ils arriveront.**

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

- **La station a ensuite accueilli les trois membres de l'équipage d'Expédition 1, les premiers résidents à long terme de la station, pour un séjour de quatre mois environ. L'équipage d'Expédition 1 s'est rendu à la SSI à bord d'un vaisseau russe Soyouz. Le module Soyouz reste amarré à la station comme véhicule d'évacuation d'urgence.**
- **Lors du vol suivant, en novembre 2000, les premiers panneaux solaires – qui alimenteront la station spatiale – ont été livrés et installés. Ils ont été transportés à bord de la navette spatiale dans une configuration repliée, et il a fallu les installer et les déployer une fois rendus à la station.**

Plus récemment, en février 2001, la navette spatiale s'est de nouveau rendue à la SSI. Cette fois, elle transportait le module de laboratoire américain – Destiny – qui est un des plus gros éléments à être ajoutés à la station jusqu'à ce jour. Il s'agira du centre d'activités de recherche à bord de la SSI. Il a fallu un nombre dans précédent de « sorties dans l'espace » pour arrimer le module Destiny à la structure en treillis et aux autres modules. Cette tâche a été accomplie avec succès. En mars 2001, une mission de la navette a permis à l'équipage d'Expédition 2 de relever celui d'Expédition 1 et a permis de livrer et d'installer le module logistique réutilisable de fabrication italienne Leonardo (les supports à matériel dont sera muni le laboratoire Destiny).

Plus tard au printemps 2001, la SSI sera dotée d'un deuxième sas d'amarrage (russe, cette fois-ci). En avril 2001 auront lieu le lancement et l'installation du Télémanipulateur de la station spatiale (TSS), principale contribution du Canada. Le bras robotisé de nouvelle génération servira, de concert avec le Bras canadien de la navette, à soulever et à tenir d'autres pièces de la SSI à mesure qu'elles arriveront et qu'elles seront installées.

CHRONOLOGIE

25 janvier 1984 – Le président annonce que d'ici dix ans, les États-Unis auront une station orbitale habitée en permanence.

18 mars 1986 – Le premier ministre annonce que le Canada accepte l'invitation des États-Unis de participer au programme de la station spatiale.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

décembre 1987 – Les négociateurs canadiens et américains s'entendent sur le texte d'un protocole d'entente régissant la participation du Canada au projet de la station spatiale. (Le texte est parachevé après avoir été approuvé par le Cabinet et par le Congrès au début de 1988.)

21 avril 1988 – Le gouvernement annonce sa décision de consacrer 1,2 milliard de dollars sur 15 ans à la réalisation du Système d'entretien mobile (SEM) destiné à la station spatiale américaine.

10 mai 1990 – Le projet de loi C-16, *Loi portant création de l'Agence spatiale canadienne et traitant d'autres questions liées à l'espace*, reçoit la sanction royale. Le Programme de gestion de la station spatiale, qui relevait du Conseil national de recherches du Canada est confié à la nouvelle Agence spatiale canadienne.

août 1994 – Une nouvelle version de la station spatiale, à laquelle la Russie participera, est approuvée par le Congrès des États-Unis. La construction des éléments de la station est en cours.

novembre 1995 – Une version perfectionnée du Système canadien de vision spatiale sert au cours d'un exercice d'amarrage lors d'une mission de la navette spatiale.

avril 1997 – Le Canada accepte de construire le SPDN (manipulateur agile spécialisé) pour la station spatiale internationale.

29 janvier 1998 – Le Canada signe l'Accord intergouvernemental révisé, c'est-à-dire le traité international établissant le nouveau partenariat de la station spatiale internationale (SSI), dont fait partie la Russie.

octobre 1998 – Le bras robotique canadien (le TSS) est livré à la NASA.

20 novembre 1998 – Le premier élément de la SSI, en l'occurrence le module de fret fonctionnel (FCB) de fabrication russe, appelé Zarya (Lever du soleil), est lancé à partir de Baïkonour au Kazakhstan.

4 décembre 1998 – Le module d'amarrage, Unity 3, est lancé à bord de la navette spatiale Endeavour. Il est jumelé au module Zarya le 5 décembre, à l'aide du télémanipulateur spatial canadien à bord d'Endeavour, et guidé par le Système canadien de vision spatiale.

12 juillet 2000 – Le module de service Zvezda est lancé. Il est amarré avec succès à la SSI et vient grossir la station.

octobre-novembre 2000 – La structure principale en treillis qui supportera la SSI est ajoutée, tout comme les premiers grands panneaux solaires qui

alimenteront la station en électricité. Les premiers résidents de la SSI, un équipage de trois membres, s'installent à bord de la station pour un séjour de quatre mois.

février 2001 – Le module de laboratoire américain, Destiny, est ajouté à la SSI.

mars 2001 – Les trois membres de l'équipage d'Expédition 2 viennent relever l'équipage d'Expédition 1. Le module logistique Leonardo est livré et ajouté au module Destiny.

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

Agence spatiale canadienne.

- « Programme canadien de la station spatiale », 1998.
- « Le gouvernement fédéral donne son aval à une nouvelle orientation du programme spatial », 3 juin 1994.
- « Résumé du programme canadien de la station spatiale. Performance économique », 12 juillet 1993.

National Aeronautics and Space Administration. « A Key to Discovery », *The international Space Station Fact Book*, octobre 2000 (http://spaceflight.nasa.gov).